

Saana Räisänen

# Digipainon ja suurkuvan väriharmonisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

8.5.2014

Tekijä Otsikko	Saana Räisänen Digipainon ja suurkuvan väriharmonisointi
Sivumäärä Aika	36 sivua 8.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	graafinen tekniikka
Ohjaaja	lehtori Toni Spännäri
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli testata värinhallintajärjestelmän käyttöönottoa ja sen hyötyjä graafisen alan yrityksessä. Toisena tavoitteena oli tutkia, saavutetaanko painotöissä väriharmoniaa asiakkaan tilatessa töitä kahdelta eri painokoneelta.</p> <p>Tutkimuksessa testattiin värinhallintajärjestelmää tuotannossa kahdella eri painomenetelmää käyttävällä koneella. Tarkoituksena oli saada lopputuotteiden painojälki toisiaan vastaaviksi värinhallintaohjelmiston profiilien luomisen avulla. Profiileilla tavoiteltiin yrityksen käyttämää ISO coated v2 -väriavaruutta. Tarkoituksena oli myös testata, voidaan ohjelmaa käyttämällä saada aikaan värinsäästöä tuotannossa.</p> <p>Työ toteutettiin graafisen alan yrityksen tiloissa sen laitteilla. Testaukset tehtiin GMG Color Management -ohjelmiston testiversiolla.</p> <p>Testauksissa ilmeni, että toinen painokoneista saavutti tavoitteet, ja tuloksiin oltiin tyytyväisiä. Toisen painokoneen kohdalla ilmeni magentan värin kanssa ongelmia, eikä kone päässyt tavoiteltuun kohdeväriavaruuteen. Molemmat painokoneet tuottivat kuitenkin prosentuaalista värinsäästöä.</p> <p>Tavoitteena oli yhtenäistää painokoneiden värinhallintaa värinhallintajärjestelmän avulla ja saada painotöiden väriharmonia kohdalleen visuaalisella tasolla. Tavoitteita ei täysin saavutettu, mutta testauksissa kuitenkin selvisi, että värinhallintaohjelmistolla voidaan saavuttaa värihallinnan kannalta haluttuja lopputuloksia.</p>	
Avainsanat	värinhallinta, GMG, väriharmonia, digitaalinen painaminen

Author Title	Saana Räisänen Color harmonizing for digital press and large format press
Number of Pages Date	36 pages 8 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructor	Toni Spännäri, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to investigate the introduction of a color management software and its benefits in a firm that works in the graphic industry field. Another aim was to examine if it would be possible to achieve color harmony in printed publication, especially when the customer orders a work that needs to be printed with at least two different printing presses.</p> <p>The objective was to achieve end results with the profiles that were created with the color management software. With the help of profiles, target color space ISO coated v2 was meant to be reached. One of the aims was also to try to attain ink saving in the production.</p> <p>The job was carried out in the graphic company's premises and with their equipment. Testing was done with the test version of GMG Color Management Solutions.</p> <p>With one printing press the results were equivalent to what was aimed at. With the other printing press there were problems with magenta and the target color space was not reached. However, with both presses there was some percentual ink saving.</p> <p>The aim was to standardize color management between the printing presses with the help of color management software and to harmonize colors on a visual level. All of these goals were not reached, but the study showed that with the color management software it is possible to reach desired outcomes.</p>	
Keywords	color management, GMG, color harmony, digital printing

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Digital Media Partners	1
3	Digitaalinen painaminen	4
3.1	Digitaaliset tulostustekniikat	5
3.2	Laitteet ja materiaalit	8
4	Värihallinta	11
4.1	Värihallintajärjestelmä	11
4.2	Värimallit	13
4.3	Värihallinnan osatekijät	14
4.4	Kalibroiminen	18
5	Värihallintaohjelmiston testaus	19
5.1	Työnkulun luominen ja testaukset	19
5.2	Tulokset	23
5.3	Lopullinen arviointi	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

## Lyhenteet

CMM	Värihallintamoduuli – color management module. Ohjelmisto, joka käyttää profiilien sisältämää väritietoa muuntaessaan CMYK- ja RGB- arvoja lähdeavaruudesta kohdeavaruuteen ja takaisin.
CMYK	Neliväripainoprosessin osavärit, joissa C = syaani, M = magenta, Y = keltainen ja K = musta osaväri.
DMP	Digital Media Partners. Graafisen alan yritys, johon insinööritö tehtiin.
ICC	International Color Consortium – Kansainvälinen värihallinnan standardoimisjärjestö. ICC on standardoinut profiilipohjaisen värihallinnan, jolla mitataan laitteen värintoistokykyä tuotannossa.
NIP	Non-impact Printing – epäsuora painomentelmä.
PCS	Profiilien yhdysavaruus – profile connection space. Antaa värille laiteriippumattoman numeerisen arvon CIE XYZ- tai CIE LAB-väriavaruudessa
POD	Print on Demand. Tarpeeseen painamisen menetelmä, jolloin varastoon ei kerrytetä materiaalia, vaan tuotetta painetaan ainoastaan tilauksesta.
RGB	Additiivinen värimuodostus, jossa R = punainen, G = vihreä ja B = sininen.
RIP	Raster Image Processor. Ohjelma, jonka avulla tulostettava tiedosto konvertoidaan rasterimuotoon.

## 1 Johdanto

Insinööritoiminnan tarkoituksena on testata GMG ColorServer -värihallintaohjelmiston käyttöönottoa Digital Media Partners -nimisessä graafisessa painoalan yrityksessä ja tarkastella ohjelmiston avulla saavutettavia hyötyjä yhtenäistämällä väriharmonia eri tekniikkaa käyttävien painotekniikoiden välillä. Työtä aloitettaessa yrityksen painotuotteiden tasalaatuisuutta valvotaan linearisoinnilla ja silmämääräisesti. Tuotannossa on kuitenkin toisinaan havaittu epätasaisuutta painojäljessä. Ongelmat havaitaan silmämääräisesti tai reklamaation kautta.

Painotuotteen valmistuksessa värin laadulla on suuri merkitys. Värivastaavuus luodun tiedoston ja valmiin tuotteen välillä on vaikeaa varsinkin, kun kahdelta eri painokoneelta pyritään tuottamaan samanlaista lopputulosta. Nykypäivänä asiakkaat vaativat laadukasta värien yhdenmukaisuutta tilaamilleen painotuotteille.

Jotta pystytään tuottamaan tasalaatuisia tuloksia, tulee värien yhdenmukaisuutta ylläpitää koko tuotantosarjan ajan. Näin vältetään virhe- ja uudelleenpainatuksilta sekä turhilta asiakasreklamaatioilta. DMP:ssä on tehty vuonna 2012 värihallinta-, värinsäätö- ja painojäljen harmonisointiprojekti kahdella eri värinsäätöohjelmalla, GMG ColorServerillä ja Oris Press Matcherilla. Projektin tavoitteena oli saada digipainon ja suurkuvan painojälki toisiaan paremmin vastaaviksi. Koska kummallakaan ohjelmalla ei tuolloin päästy vielä haluttuun lopputulokseen, päätettiin testejä jatkaa.

## 2 Digital Media Partners

Digital Media Partners Oy koostuu kolmen yrityksen liittoumasta. DMP – Digital Media Partners sijaitsee Helsingin Vallilassa ja sisältää suunnittelun, myynnin, hallinnolliset asiat, suurkuvatuotannon ja digitaalisen tuotannon sekä DMP Dieselin, joka on erikoistunut suoramarkkinointiin. Liittouman kolmas yritys DMP Eriksen on offsetpaino ja sijaitsee Espoon Viherlaaksossa.

Loppuvuodesta 2012 DMP myytiin osaksi Digiprint Finland Oy -yhtiötä, joka on Panostaja Oyj:n tytäryhtiö. Digiprint Finland Oy omistaa myös Kopijyvä Oy:n. Molemmat toi-

mijat jatkavat omilla nimillään, mutta muodostavat yhdessä valtakunnallisesti toimivan paino-, julkaisu- ja markkinointiviestintäpalveluiden kokonaisuuden. [1.]

DMP on yrityksenä monipuolinen painotalo, joka kutsuu itseään markkinoinnin toteuttajaksi. Yrityksen tavoitteena on hallita graafisen teollisuuden palvelut, digitaalisen markkinoinnin tuotanto ja verkkokäyttöisten palveluiden monipuolinen tarjonta. Tähän pyritään tuottamalla innovatiivisia ja monipuolisia ratkaisuja niin perinteisellä kuin digitaalisella puolella. Yrityksen imagoon kuuluu myös jatkuva uudistuminen, hyvä asiakaspalvelu ja luotettavuus, ja tavoitteena onkin kasvaa alan suurimmaksi osaajaksi. [2.]

Yrityksen asiakasaloja ovat tapahtumamarkkinointi, myymälämarkkinointi, suoramarkkinointi ja markkinointiviestintä. Asiakkaat ovat useimmiten suuria kansainvälisiä yrityksiä tai kotimaisia yrityksiä, jotka tähtäävät maailmalle. [2.] DMP valmistaa vuodessa jopa yli 1 000 000 kiloa painomateriaalia. Tähän määrään on laskettu Digital Media Partnersin tuotannon lisäksi mukaan Eriksen Oy:n ja DMP Diesel Oy:n tuotannot. [3, s. 16–17.]

DMP:n Helsingin Kuortaneenkadun toimipiste laajentui vuoden 2013 lopulla, jolloin suunnittelu- ja markkinointipuoli eroteltiin paremmin tuotannosta, ja molemmille saatiin näin suuremmat ja toimivammat tilat. Tuotannon puolella tehtiin myös jonkin verran koneuudistuksia.

#### Yrityksen työnkulku ja laadunhallinta

Yleisesti ottaen laadun tulisi aina vastata asiakkaan vaatimuksia, ja sen tulisi olla riittävän hyvä tuotteen käyttötarkoituksen mukaan ja tuotantokustannuksiin nähden. Painotuotetta voidaan mitata erilaisilla suureilla. Mittaaminen on tärkeää, jotta painotyölle voidaan asettaa tavoitearvoja ja tuotantoprosessia voidaan vakioda.

Painotuotteen laatua voidaan arvioida subjektiivisesti tai visuaalisesti. Yleensä painettua tuotetta verrataan asiakkaan hyväksymään vedokseen tai painomalliin. Vertailu tehdään silmämääräisesti arvioiden tuotteen laatua, käyttökelpoisuutta, toimivuutta ja miellyttävyyttä. Lisäksi tuotetta voidaan arvioida tunnustelemalla, haistelemalla tai esimerkiksi kokoamalla se lopulliseen versioon, jolloin saadaan käsitys tuotteen toimivuudesta. Tuotteen laatuun kuuluu kaiken edellä mainitun lisäksi sen lähes koko elinkaari.

Tuotteen tulee myös kestää käyttöä, hankausta, kierrättämistä ja erilaisia mekaanisia rasituksia. [4, s. 147–148.]

DMP luo asiakkuuksia myynnin kautta. Muita painotöiden tilauskanavia ovat sähköposti, puhelin ja yrityksen omat Internet-sivut. DMP:n verkkokauppakanavana toimii Painaja-niminen sivusto, jonka kautta asiakas pääsee muun muassa itse suunnittelemaan painotuotetta. Yrityksen palveluihin kuuluu, että asiakas voi toimittaa aineistonsa missä muodossa tahansa, mutta yrityksen kotisivuilla on kuitenkin annettu ohjeita suositelluista resoluutioista eri tulosteille. Asiakkaan tulee myös liittää mukaan tieto, mihin tarkoitukseen aineisto on tulossa.

Painotyöt valmistellaan prepressissä, ja valmisteluvaiheisiin menee usein enemmän aikaa kuin itse painoprosessiin. Siksi on olemassa työnkulkuohjelmistoja, joilla helpotetaan prosessia. Ohjelmiston automatisoinnilla vältetään toistuvilta työvaiheilta, ja työnkulku saadaan optimoitua niin painajan kuin prepressin osalta. Samalla saadaan nostettua tuotantokapasiteettia ja pidettyä painojälkeä tasalaatuisena.

DMP:ssä asiakkaalta saatu aineisto tarkistetaan ja käsitellään hotfolder-kansiossa, joka tarkastaa tiedoston laadun, muun muassa kuvan koon ja resoluution, värillisyyden ja tarvittavat bleedit eli leikkuuvarat. Ohjelma ilmoittaa havaituista virheistä, jotka repro korjaa. Korjattu ja valmis aineisto siirretään pdf-muotoon ja palvelimella olevaan oikeaan kansioon painajia varten.

Tuotannossa painaja avaa työn oikeasta kansioista ja tarkistaa, että työmääräin ja työ vastaavat toisiaan. Tämän jälkeen työ avataan painokoneelle tarkoitetun ohjelman kautta, ja painaja painaa työstä vedoksen. Vedos hyväksytetään, ja lopuksi työ painetaan, jälkikäsitellään, pakataan ja toimitetaan asiakkaalle.

DMP:ssä on digipainokone Kodak Nexpress 2500, joka on päivitetty S3000-malliin. Laatua valvotaan digipainossa muun muassa linearisoinnin avulla. Linearisointi tehdään vähintään kerran päivässä, yleensä heti aamusta. Se tehdään myös aina huoltotöiden jälkeen, eli joskus useamminkin kuin kerran päivässä. Linearisoinnin tekee painaja testikenttiä mittaamalla. Digipainokoneen sisällä on densitometri, jonka avulla se pyrkii pitämään arvot painajan syöttämissä linearisointiarvoissa. Kone mittaa arkkeja noin 27 arkin välein, säätää mittaustulosten mukaan itse itseään ja pyrkii näin pitämään



tulostuslaadun tasapainossa. Painaja tarkkailee työtä ja sen värintoistoa painettaessa, ja vastuu laadunvalvonnasta onkin lopulta painajalla. [5.]

DMP:n tuotannonssa on painojäljessä havaittu toisinaan epätasaisuutta. Epätasainen painolaatu johtuu siitä, että koneissa käytetään useiden eri valmistajien RIP:ejä, jolloin väriharmoniaa eri laitteiden välillä ei saavuteta. Toisin sanoen jokainen kone tekee hieman erilaiset värimääritykset omilla asetuksillaan, jolloin painolaatu ei ole enää sama, kun sitä vertaillaan eri koneiden välillä. Joidenkin koneiden omat väriprofiilit eivät myöskään ole oikein, tai ne eivät ole enää ajan tasalla. Lähtökohtaisesti kaikki DMP:n painokoneet simuloivat Iso Coated v2 -väriavaruutta.

Ongelmiksi digipainokoneella painettaessa muodostuvat suuret väripinnat, sillä niillä esiintyy epätarkkuuksia – ”heilahduksia”. Edelleen esimerkiksi toonerissa voi esiintyä likaisuutta yksittäisissä väreissä, muun muassa oranssissa värissä. Puhtaampaan oranssiin on päästy Kodak Nexpressin päivityksen ja sen tuoman viidennen lisävärin myötä. Rajoitustekijäksi kokonaislaadun ja värinhallinnan suhteen yrityksen tuotannossa on muodostunut se, että koneet käyttävät eri tulostustekniikoita ja eri muodossa olevia painovärejä (nestemäisiä ja jauhemaisia toonereita). Tämän vuoksi tuotannon koneet eivät toista keskenään samalla tavalla väriavaruutta, tai Iso Coated v2 -väriavaruuden saavuttaminen on vaikeaa. [5.]

Myös jälkikäsitteilyn tehtäviin kuuluu valvoa silmämääräisesti laatua tai verrata lopputulosta vedokseen. Tuotannossa painetaan usein samoja töitä useaan kertaan, joten jälkikäsitteilyjolle jää helposti mieleen, miltä tuotteen tulee näyttää. Yrityksellä on paljon vakioasiakkaita, jotka ovat tottuneet tasaiseen laatuun myös uusintapainoksissa.

Työnkulkua halutaan parantaa niin, että painoprosessin lopputulokseen voidaan luottaa, makkelia saadaan vähemmäksi ja asiakasreklamaatioita vähennettyä. Toiveena on luotettava työnkuluohjelmisto, jolla painoprosessi pysyy vakiona ja lisäksi suurkuvan ja digipainon painojälki vastaavat toisiaan.

### **3 Digitaalinen painaminen**

Digitaalinen painaminen on kasvattanut suosiotaan viime vuosina. Massajulkaisujen muuttuessa yhä enemmän pieniin kohdennettuihin painoksiin, pystytään digitaalisella

painomenetelmällä tuottamaan nopeammin muun muassa vaihtuvaa tietoa sisältäviä painoksia. Tarpeen mukaan painamista kutsutaan Print on Demand (PoD) -painamiseksi, jossa painotuotetta valmistetaan vain tilauksesta – jopa hyvinkin pienissä tuotantoerissä.

Digitaalinen painaminen mahdollistaa lyhyet, jopa yhden arkin suuriset painosmäärät. Mikäli paperia ei jouduta vaihtamaan painotöiden välillä, on myös koneen kuntoonlaitto nopeaa tai sitä ei tarvita lainkaan. Tämän lisäksi digitaalisen painamisen etuna on vaihtuvan tiedon tulostaminen peräkkäisille sivuille. Digitaalista painokonetta ei myöskään tarvitse pysäyttää värin tai arkkien lisäämisen ajaksi, mikä nostaa tuotannon tehokkuutta.

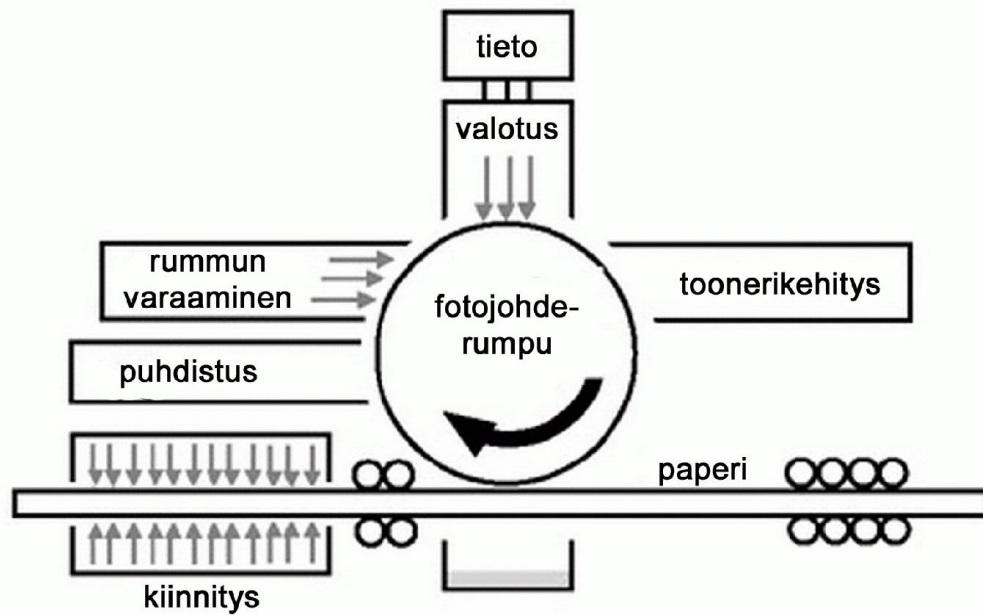
Digitaalinen painaminen perustuu NIP (non-impact printing) -tekniikkaan, joka tarkoittaa kosketuksetonta eli epäsuoraa painomenetelmää, jossa väriä ja paperia tai muuta materiaalia ei perinteiseen tapaan yhdistetä toisiinsa mekaanisesti puristamalla. [4, s. 92–93.]

### 3.1 Digitaaliset tulostustekniikat

Digitaalisessa painamisessa kaksi yleisimmin käytettyä tekniikkaa ovat elektrofotografia ja mustesuihkutekniikka. Elektrofotografia on niin sanottua siirtotulostusta, jossa kuva muodostetaan sähkövarauksella ja kiinnitetään painoalustaan lämmön avulla. Mustesuihku- eli inkjet-tekniikoita on kahdenlaista; jatkuvan suihkun periaate (continuous inkjet) ja ohjatun pisaran periaate (drop-on-demand).

#### **Elektrofotografia**

Elektrofotografia on yksi käytetyimmistä menetelmistä digitaalisessa painamisessa. Väriaineina voidaan käyttää joko kiinteitä pulverimaisia tai nestemäisiä toonereita. Painomenetelmää voidaan kutsua myös xerografiaksi tai lasertulostamiseksi. Menetelmä perustuu jo 1930-luvulla kehitettyyn valokopiointiin. Elektrofotografiaprosessia voidaan kuvata viidellä eri vaiheella (kuva 1).



Kuva 1. Elektrofotografisen tekniikan toimintaperiaate [17].

### 1. Varaus ja valotus

Elektrofotografiassa painavana pintana toimii tasaisella sähkövarauksella varattu rummun pinta. Rummun vaipan pinnassa on ohut, noin 10 atomikerroksen paksuinen alumiinioksidikerros ja sen päällä ohut valoherkkä seleenikerros. Päälimmäisenä rummulle on vielä ohut läpinäkyvä muovinen suojakerros. Painokoneen orgaanisella fotojohdeella päällystetty rumpu tai hihna varataan tasaisella sähkövarauksella koronalankojen avulla. Koronalangat johtavat positiivista, noin 7 kV:n jännitettä, josta johtuu koronalan- kaa ympäröivä sininen säteily sen ionisoidessa ilmaa. Varauksella pitäisi saavuttaa fotojohdeella niin suuri potentiaali, että sähkövarausten vaihtelu kuvakohtien ja ei-kuvakohtien välillä on riittävän suuri. Varauksen on oltava kauttaaltaan tasainen rummun pinnalla niin, että eri tummuussävyt saadaan toistumaan oikein. Rummun tulee tämän vuoksi pyöriä tasaisella vakionopeudella.

Tasaisesti varattu rumpu valotetaan lasersäteellä tai LED-valon avulla, jolloin valoa saaneet kohdat purkavat varauksensa. Näin saadaan syntymään latentti (sähköinen varauskuvio) kuva koneen seleenipohjaisen rummun fotojohteen pinnalle. [4, s. 95.]

## 2. Kehitys

Kun latentti kuva on saatu muodostettua rummulle, se tuodaan näkyviin siirtämällä sähköisesti varattu tooneri fotojohteelle. Tooneripartikkelit tarttuvat vastakkain varautuneeseen latenttiin kuvaan (CAD, Charged Area Development). Toisessa kehitystavassa toonerin varaus on samanmerkkinen latentin kuvan kanssa. Kuva muodostuu kun tooneri tarttuu valotuksen jälkeen sähkövarattuihin alueisiin (DAD, Discharged Area Development).

## 3. Värin siirto

Latenttiin kuvaan kiinnittynyt hienojakoinen väripulveri eli tooneri siirretään painoalustalle sähkökentän tai puristuksen avulla. Väri voidaan siirtää joko välillisesti kumisylinterin tai erillisen hihnan kautta tai suoraan fotojohteelta.

## 4. Kiinnitys

Siirtovaiheessa painoalustalle muodostunut väri kiinnitetään tasaiseksi kerrokseksi lämmön tai puristuksen tai molempien avulla. Puristustelat lämmitetään noin 150–200-asteisiksi, jotta tooneri saadaan sulamaan painoalustan pintaan nopeasti. Väripintaan voidaan lisätä vielä silikoniöljyä, joka lisää hankauskestävyyttä ja tuo kiiltoa.

## 5. Puhdistus

Värinsiirron jälkeen ylimääräiset värihiukkaset ja sähkövaraukset poistetaan rummulta magneettiharjan avulla takaisin kiertoon. Puhdas fotojohde voidaan näin varata uudelleen jokaisella kierroksella, mikä mahdollistaa vaihtuvan tiedon painamisen. Lopuksi rumpu puhdistetaan nollaamalla se sähkövarauksesta mekaanisesti. [4, s. 97; 6, s. 105–109.]

Kuva voidaan tuottaa painamalla jokainen osaväri erillisestä painoyksiköstä painoalustaan. Tätä toimintoa kutsutaan multipass-menetelmäksi. Single pass -järjestelmässä kaikki osavärit painetaan painoalustaan yhdellä läpiajokerralla omilta kuvarummuilta.

Elektrofotografisessa menetelmässä väriaineen partikkelit jäävät paperin pintaan. Tästä saattaa aiheutua ongelmia jälkikäsitteilyvaiheessa. Taittovaiheessa työn väripinta

saattaa halkeilla, mutta tätä ongelmaa voidaan ehkäistä hieman nuuttaamalla taitekoh-  
ta ennen varsinaista taittamista. [4, s. 96–98.]

### **Mustesuihkutulostus**

Mustesuihku- eli inkjet-tulostus perustuu myös kosketuksettomaan NIP-menetelmään, sillä tulostuspää ei ole kosketuksissa painoalustaan. Tulostusjälki muodostetaan suih-  
kuttamalla väriaine yksittäisinä mustepisaroina tulostimen suuttimista suoraan paino-  
alustaan. Mustesuihkutekniikkaa sovelletaan niin pienissä koti- kuin toimistokäyttöisissä  
tulostimissa, samoin teollisuudessa valokuva-, suurkuva- ja vedostulostimissa. Ink-  
jetin etuja ovat muun muassa suuri tuotantonopeus ja monipuoliset painomateriaalit,  
kuten muovit, laminaatit ja kartongit. [4, s. 98–99.] Tulostusresoluutioon vaikuttaa yksit-  
täisen pisaran koko, ja yksi nestepisara vastaakin yhtä tulostuspistettä. Resoluutiota  
huonontaa pisteen leviäminen painomateriaaliin. [6, s. 120–121.]

Kuva voidaan tuottaa jatkuvan pisaroituksen (continuous stream) periaatteella tai ohja-  
tun pisaran (drop on demand eli DOD) menetelmällä. Nimensä mukaisesti jatkuvan  
pisaran periaatteessa painoalustalle tuotetaan tasaista väripisaravirtaa paineen avulla.  
Suuttimista tulevat pisarat ohjataan painoalustaan käyttäen sähköistä poikkeutusta.  
Väri, jonka ei ole tarkoitus siirtyä painoalustalle, ohjataan jätevärisäiliöön. [6, s. 121; 4,  
s. 98–99.)

Ohjatun pisaran periaatteessa mustetta suihkutetaan tulostuspäistä vain tarvittaessa,  
eli silloin, kun tulostuspää on kohdalla, johon mustetta tarvitaan. Tulostinpäässä voi olla  
jopa useita satoja suuttimia ja pisara ohjataan oikeaan paikkaan liikuttelemalla paperia.  
[4, s. 99.]

### **3.2 Laitteet ja materiaalit**

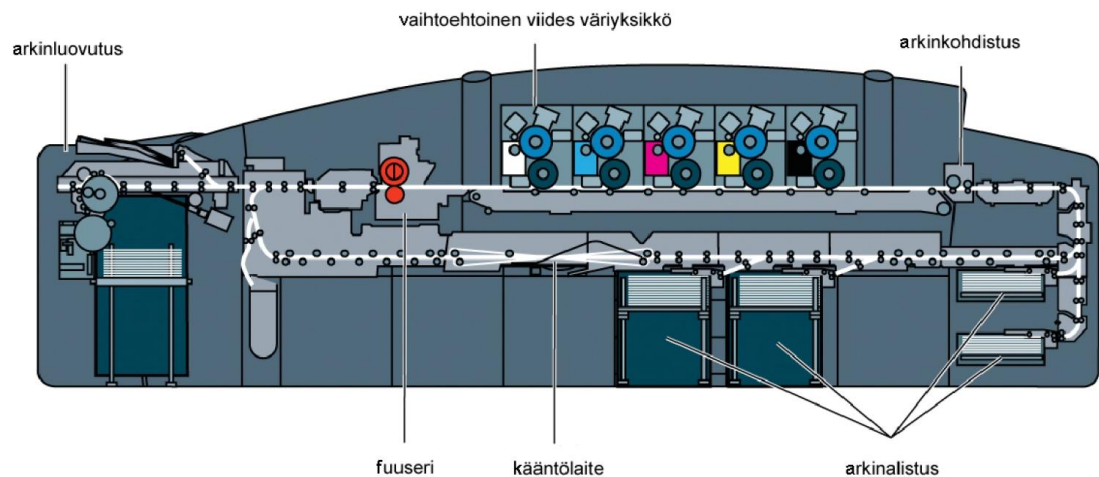
Materiaali vaikuttaa paljon värin käyttäytymiseen ja imeytymiseen. Esimerkiksi paperin  
pinnan ominaisuudet ja kuiturakenne vaikuttavat huomattavasti värin kylläisyyteen ja  
kontrastiin. Siksi yksi painoprosessin tärkeistä vaiheista on paperilaadun tai painoalus-  
tan määrittely. [7, s. 62.]

DMP:ssä käytetään useita eri painomateriaaleja. Erilaisten paperilaatujen lisäksi käytössä on myös muun muassa Kapalevyä, Re-board-levyä ja erilaisia tarroja. Niiden painovaatimukset poikkeavat paperipainatuksesta. Testaukseen valittiin paperilaadut, joita yleisimmin käytetään painettaessa testauksessa käytetyillä koneilla.

### **Kodak Nexpress -digipainokone**

DMP:n digipainon tuotannossa käytetään Kodak NexPress 2500 -digipainokonetta, joka on päivitetty vastaamaan S3000-mallia. Koneella voidaan painaa tuotteita vähintään 297 x 200 mm:n ja enintään 356 x 520 mm:n koossa. Painoresoluutio koneella on 600 dpi ja tuotantonopeus 6 000 kpl tunnissa yksipuolisena A4-formaatilla 4/0- tai 5/0-värillä. Koneen sisällä toimiva laadunvalvontajärjestelmä valvoo painokoneen prosesseja ja säätää niitä reaaliajassa. [8.] Päivityksen myötä koneeseen hankittiin viides lisäväri, joka on punainen tai kulta. Punaisella lisävärillä päästään lähemmäs puhdasta oranssia, ja kultaisella lisävärillä saadaan painotyöhön myös kuparin tai pronssin hohtoa. Kultainen lisäväri hidastaa hieman 5-värituotantoa. 4-värituotannossa nopeus on 100 sivua minuutissa, kun kultaisen lisävärin kanssa se laskee 83 sivuun minuutissa. Painokoneeseen kuuluu myös sisäänrakennettu lakkayksikkö.

Nexpress-painokone muistuttaa rakenteeltaan offset-painokonetta (kuva 2). Painojälki tuotetaan kumikankaan kautta, mikä mahdollistaa painamisen monipuolisesti eri painopinnoille. Painokoneessa käytetään Kodakin omia DryInk-väritooneita kuvan muodostamiseen.



Kuva 2. Kodak Nexpress -digipainokoneen rakenne [18].

Kodak Nexpress -painokone toimii single pass -menetelmällä, johon voidaan lisätä viides osaväri tai lakkausyksikkö. Kodak Nexpressissä arkin etupuoli säilyy koko ajan samansuuntaisena, koska se käännetään akselinsa ympäri.

### Canon-suurkuvatulostin

DMP:n suurkuvatuotannossa on kaksi Canon imagePROGRAF iPF9400 - suurkuvatulostinta, jotka käyttävät mustesuihkutekniikkaa (kuva 3). Tulostin on tehokas ja saa aikaan huippulaatuisia suurkuvamateriaalia ja ensiluokkaista värintoistoa, jota valvotaan sisäänrakennetulla mittauslaitteella.



Kuva 3. Canon iPF9400S -suurkuvatulostin.

Tulostin pystyy maksimileveydeltä 1524 mm:n tulosteisiin niin arkki- kuin rullatulosteissa, ja siinä on 12 pigmenttivärien LUCIA EX -mustejärjestelmä. Tulostustarkkuudessa saavutetaan 2400 x 1200 dpi. [9.]

## 4 Värinhallinta

### 4.1 Värinhallintajärjestelmä

Kuluttajat ovat hyvin valveutuneita suhteessa tuotteiden tasalaatuisuuteen ja niiden viimeistelyyn ulkonäköön, siksi laatuvaatimukset ovat viime aikoina kiristyneet myös graafisen teollisuuden alalla. Pelkkä silmämääräinen laatuvalvonta ei enää riitä tuotantoprosessien nopeutuessa, vaan laadun mittaamisessa käytetään tarkkoja mittareita ja automatiikkaa. Koska väri on yksi tärkeimpiä visuaalisia tuotannon laatutekijöitä, on tärkeää valvoa värin määrityksiä jo taloudellisten merkitysten kannalta. [7, s. 155.]

Värinhallinta on prosessi, jossa syöttölaitteella, esimerkiksi kameralla, otettu kuva tuodaan näytölle muokattavaksi ja siitä edelleen tulostettavaksi niin, että värintoisto pysyy muuttumattomina jokaisen laitteen kohdalla. Ongelmaksi muodostuu usein se, että skannattu tai järjestelmäkameralla otettu kuva ei vastaa enää näytöllä tai tulostettaessa



originaalia kuvaa. Tämä johtuu siitä, että jokainen laite käsittelee väriä tuottavaa dataa eri tavalla. Värinhallinta perustuu yksinkertaisesti määriteltuihin standardeihin ja käytettyihin mittalaitteisiin, jotka mittaavat tuotettua väriä.

Värejä kuvattaessa käytetään kahta erilaista värimallia riippuen laitteesta, jolla väri esitetään. Näyttölaitteissa, kuten monitoreissa ja kameroissa, kuva muodostetaan sekoittamalla keskenään punaista, vihreää ja sinistä valoa (RGB), jolloin haluttu väri syntyy näiden yhteisvaikutuksesta. Tämä menetelmä perustuu additiiviseen, eli lisäävään värimuodostukseen. Painotuotteissa ja painoteknisissä kuvatiedostoissa kuvat esitetään useimmiten CMYK-muodossa, jossa syaanin, magentan, keltaisen ja mustan musteen yhdistelmä muodostaa kuvan. Tämä menetelmä perustuu subtraktiiviseen, eli vähentävään värimuodostukseen. [10, s. 19–20.]

RGB:tä ei voi matemaattisesti suoraan muuntaa CMYK:iin – muunnokseen vaikuttavat käytettävän painotekniikan lisäksi paperi ja muste sekä niiden kemiallinen ja fysikaalinen vuorovaikutus. Koska CMYK-väriavaruudessa on useimmiten vähemmän sävyjä kuin RGB-väriavaruudessa, ei kaikkia RGB-sävyjä pystytä toistamaan CMYK-muodossa. [10, s. 55–56.] Lisäksi laitteiden käyttämä erilainen tekniikka asettaa rajoituksia niiden tapaan tuottaa ja toistaa värejä. Kaikilla laitteilla on kiinteä toistoavaruus eli gamut, jonka ne kykenevät ”toistamaan”. Toistoavaruutta rajaavat reunoilta kaikkein kylläisimmät värit eli päävärit. Tulostuslaitteilla rajana on puhtain väri, joka värijauheella, pigmentillä tai musteella pystytään toistamaan. Näköistyslaitteilla ei voida kylläisempää väriä esittää, kuin jonka monitori kykenee toistamaan. Esimerkiksi nykyään monet televisiot ja tietokoneen näytöt perustuvat nestekidetekniikkaan, joka on valoa heijastava tekniikka. Siinä kahden läpinäkyvän lasilevyn välissä on kiteitä, jotka uivat nesteessä, ja värit muodostuvat siten, että jokainen kuvapikseli sisältää neljää osaväriä.

Monitoreilla ja tulostuslaitteilla on myös rajallinen kirkkauserojen skaala, jota kutsutaan dynaamiseksi alueeksi. Monitoreilla raja tummassa päässä on musta, joka syntyy, kun RGB:lle annetaan arvoiksi 0,0,0. Kun taas kuvan jonkun kohdan intensiteetti ylittää muiden alueiden dynamiikan reilusti, se näkyy valkoisena. Tulostuslaitteissa valkoisin valkoinen on paperin valkoisuus ja tummin musta syntyy suurimmasta neljän osaväriin päällekkäispainatusprosentista, joka yleensä on pienempi kuin 100 jokaisen neljän musteen kohdalla. Syöttölaitteilla, kuten digikameroilla ja monitoreilla, ei ole määrättyä rajaa niiden näkemien ja näkemättä jäävien värien välillä, eikä niillä siksi ole tarkkaa toisto- avaruutta. Syöttölaitteilla on kuitenkin kiinteä dynaaminen kirkkausalue kuten

tulostuslaitteillakin, mutta se on useimmiten paljon laajempi syöttölaitteella. Koska värin toistoalueissa ja kirkkauden dynaamisissa alueissa esiintyy huomattavia eroja, on syöttölaitteella tallennetun originaalin kuvan toistaminen tarkasti tulostuslaitteella haasteellista. [10 s. 72–74.]

Jotta syöttö-, näyttö- ja tulostuslaitteiden toistoavaruudet voitaisiin sovittaa jotenkin yhteen, on olemassa värinhallintajärjestelmiä (CMS, Color Management System), jotka käsittelevät jollakin tavalla toistoavaruuden ulkopuolisia värejä. Näillä järjestelmillä pystytään vaikuttamaan kuvien värintoistoon originaalista muodosta lopulliseen tulostettuun versioon riippumatta laitteesta tai ohjelmistosta. CMS vertaa kuvan lähde- ja kohdeprofiilin RGB- tai CMYK-arvoja ja muuntaa ne niin, että tuotetaan samat väriarvot. [10, s. 74, 80.]

Värinhallintajärjestelmän tulee siis pystyä suorittamaan kaksi asiaa:

1. Sen tulee ensin laskea, mitä lukuarvoja CMYK- ja RGB-värit edustavat. Tähän järjestelmä käyttää profiileja.
2. Laitteen tulee muuttaa lähetettäviä lukuarvoja niin, että kukin ulostulolaite tuottaa samat värit. Nämä värit tulee säilyttää yhdenmukaisina laitteesta riippumatta. [10, s. 80.]

Värinhallinnan tavoitteena on saada värit vastaamaan toisiaan eri medioissa ja eri painotuotteissa. Originaalin ja jäljennöksen tulisi myös vastata toisiaan mahdollisimman hyvin. Värinhallinta käyttää tähän apunaan profiileita, joiden avulla on tarkoitus saavuttaa laadun optimointi eri käyttötarkoituksiin. [11, s. 7.]

## 4.2 Värimallit

Vaikka ihmissilmä on tarkin värin arviointiin, tarvitaan teollisuudessa kuitenkin objektiivisia standardeja ja mittareita värien mittaamiseen. Vuonna 1913 perustettu Kansainvälinen valaistuskomissio eli CIE (Comission Internationale d'Eclairage) on vuosia työskennellyt väritieteen ja sen aihepiirien parissa ja kehittänyt niihin liittyviä standardeja. Yksi tunnetuimmista CIE:n kehittämistä standardeista on väriavaruusmalli CIE Lab, joka pyrkii mallintamaan ihmissilmän aistimaa värihavaintoa. CIE Lab on laiteriippuma-

ton väriavaruusmalli, joka on julkaistu vuonna 1976, ja se pohjautuu vuonna 1913 rakennettuun CIE XYZ -väriavaruuteen. CIE XYZ -järjestelmässä kahden värin välinen ero väritilassa ei vastaa ihmissilmän aistimusta, eikä se huomioi värien vaaleutta. CIE Lab -väriavaruudesta on hyötyä teollisuudelle värin uudelleentuottamisessa, sillä se on kolmiakselinen käänteisväriavaruus, jossa värin kirkkautta eli luminenssia kuvataan L-kirjaimella, värikylläisyyttä vihreästä punaiseen a-kirjaimella ja värikylläisyyttä sinisestä keltaiseen taas b-kirjaimella. CIE Lab -järjestelmässä kahden väriarvon etäisyyttä voidaan mitata spektrofotometrillä ja tätä etäisyyttä ilmaistaan yksiköllä  $\Delta E$  eli delta E, joka kuvaa ihmissilmän värierojen aistimusta. Mitta-asteikko alkaa nolasta, mikä tarkoittaa, että  $\Delta E = 0$  -arvoa ei havaita silmin. Usein vasta arvoa  $\Delta E = 1$  pidetään erona, jonka standardihavainnoija voi nähdä. [13, s. 14.]

#### 4.3 Värinhallinnan osatekijät

Koska nykyään on laaja valikoima erilaisia syöttö-, näyttö- ja tulostuslaitteita, on työnkulkua hallittava sujuvasti. Tähän on kehitetty ratkaisuksi värinhallintajärjestelmiä. Historiallisista syistä syntyneen värientoistoavaruuksien yhteensopimattomuuden takia painoteollisuudessa on käytössä ICC-värinhallintajärjestelmä (International Color Consortium). Käytetyn väriavaruuden poikkeama ICC:n määrittelemästä standardiväriavaruudesta lasketaan väriprofiiliksi kutsutun laskentamallin avulla. ICC-profiilit kertovat yhdenmukaisesti, kuinka väri käyttäytyy kuvissa. Lisäksi ne sisältävät tietoa laitteen väriavaruudesta ja ohjaavat konversioita eri profiilien välillä.

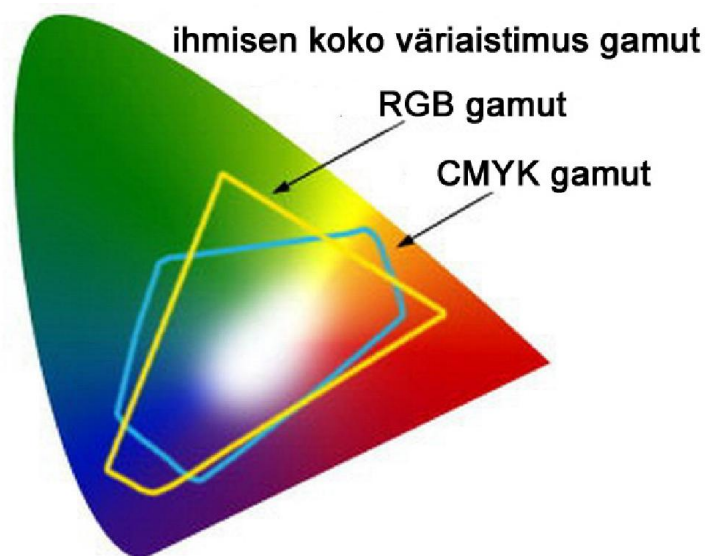
Profiilit kuvaavat tiettyä väriavaruutta laitteessa, joka voi olla skanneri, painokone, kamera tai jopa väritooneeri. Jotta saadaan tehdyksi täydellinen muunnosprofiili, vaaditaan ICC-työnkulussa aina kaksi profiilia, lähde- ja kohdeprofiilit, sekä niitä yhdistävä yhdysavaruus. Käyttämällä ICC-profiilia voidaan RGB-kuvasta tuottaa CMYK-tulostimella mahdollisimman samankaltainen kuva.

Profiilien avulla kuva pyritään saamaan näyttämään samanlaiselta tuotantoprosessin kaikissa vaiheissa; jokaisella tuotannossa käytettävällä laitteella on yksilöllinen laiteprofiili, eli laite toistaa värin omalla tavalla. ICC-profiilin avulla painotuotannossa värinhallintaa voidaan hallita laiteriippumattomasti.

ICC-pohjaisissa värinhallintajärjestelmissä on neljä tärkeää osatekijää: PCS, profiilit, CMM ja muunnosalgoritmit eli näköistystavat. PCS (profile connection space) on laitteiden yhdysavaruus, jonka avulla värille voidaan antaa yksikäsitteinen numeerinen arvo ICC-pohjaisesta CIE XYZ- tai CIE LAB -väriavaruudesta. CMM (color management module) -värinhallintamoduuli on ohjelmisto, joka suorittaa profiilin muuntamisessa tarvittavat laskutoimitukset ja luo näin uudet arvot CMYK- ja RGB-arvoille. Ohjelmisto tekee laskutoimitukset käyttämällä profiilien sisältämää väritietoa. [10, s. 83–85; 13, s. 15–17.]

### Väriprofiili

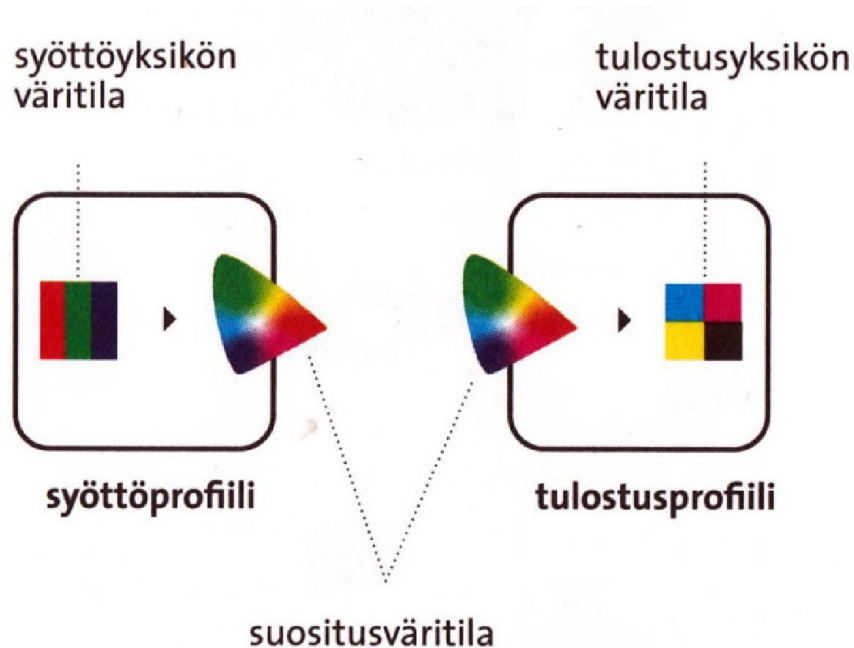
Väriprofiili on matemaattinen kuvaus laitteen väriavaruudesta (kuva 4). Se määrittää niiden värien toistoalan, jotka laite pystyy saavuttamaan. Väriavaruuden laajuutta kutsutaan gamutiksi. Ihmissilmä kykenee havaitsemaan enemmän värejä, kuin laitteet kykenevät toistamaan.



Kuva 4. Värigamut [7].

Jotta värejä voidaan muuntaa toiseen muotoon, konvertoida, tarvitaan aina kaksi profiilia: lähde- ja kohdeprofiili. Profiilia, josta konvertoidaan, kutsutaan lähdeprofiiliksi – se siis kertoo, mistä väri on tulossa. Kohdeprofiili on puolestaan se, johon konvertoidaan, ja se kertoo, mihin väri on menossa.

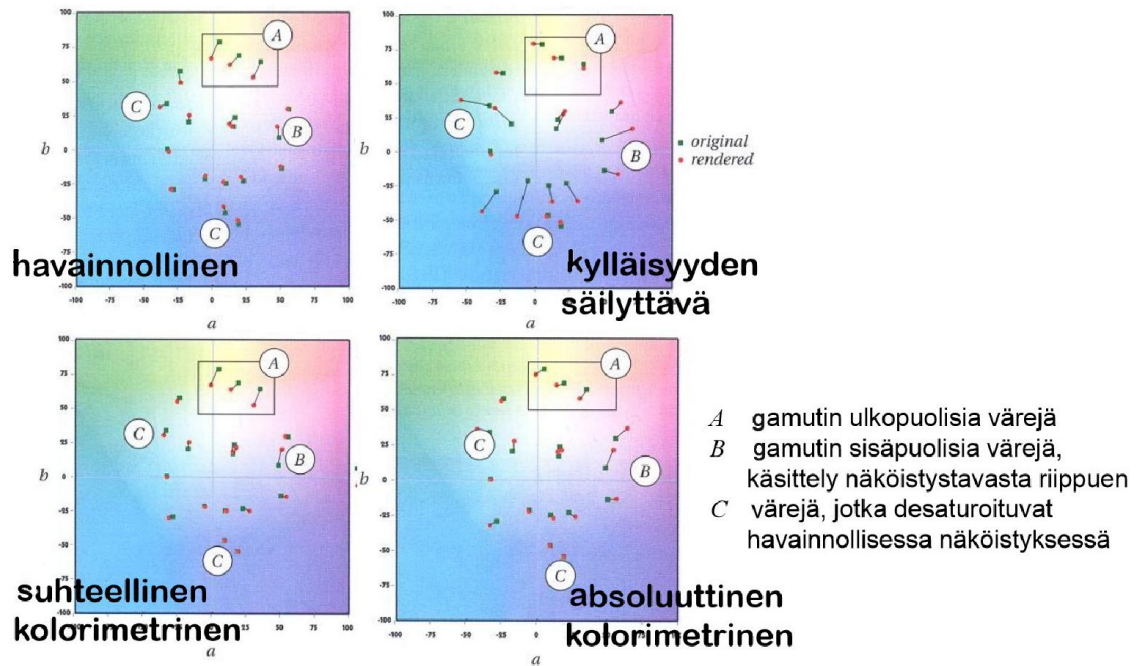
Profiilit voivat olla yksi- tai kaksisuuntaisia. Yksisuuntainen profiili toimii siten, että se konvertoi yksikön vain väritilasta suositusväritilaan. Kaksisuuntainen profiili puolestaan konvertoi värinhallintaohjelmiston avulla yksikön väritilasta suositusväritilaan sekä takaisinpäin (kuva 5). Tulostusprofiilit ovat aina kaksisuuntaisia: niillä voidaan konvertoida näytön ja vedoksen välillä värikorjauksia. [13, s. 16–19.]



Kuva 5. Kohdeprofiilin konvertointi lähdeprofiilista [13, s. 15].

On olemassa yleisiä laiteprofiileita, mutta laitteelle erityisesti luotu profiili tuottaa tarkempia tuloksia. Profiloinnin avulla sovitetaan kuva vastaamaan koneen mahdollista toistoavaruutta. Kaikilla tulostuslaitteilla on myös rajallinen gamut, jonka ne pystyvät toistamaan.

Näköistystavalla tarkoitetaan sitä, millä tavalla eri profiilien gamutin ulkopuolisia värejä, joita kuitenkin lähdeavaruus sisältää mutta kohdeavaruus ei kykene toistamaan, käsitellään niin, että lopputulos vastaa toisiaan. Näköistystapoja on neljä (kuva 6): havainnollinen (perceptual), kylläisyyden säilyttävä (saturation), suhteellinen kolorimetrinen (relative colorimetric) ja absoluuttinen kolorimetrinen (absolute colorimetric). [14, s. 135]



Kuva 6. Näköistystapojen erot [12].

Havainnollinen näköistystapa on hyvä vaihtoehto, kun lopputulosta tarkastellaan vain silmämääräisesti eikä mittalaitteella. Tavoitteena on säilyttää värien suhteet toisiinsa silmämääräisesti luonnollisina, ja tummat sävyt pyritään säilyttämään niin hyvinä kuin mahdollista. Havainnollinen näköistystapa on hyvä vaihtoehto, jos kuvassa on paljon toistoalan ylittäviä värejä. [11, s. 10.]

Erityisesti grafiikkaan ja karttoihin soveltuva kylläisyyden säilyttävä näköistystapa pyrkii tuottamaan eloisia värejä muuntamalla lähdeavaruuden kyllästetyt värit kohdeavaruuden kyllästetyiksi väreiksi [12].

Suhteellisessa kolorimetrisessä näköistystavassa lähtökohtana on valkoinen, joka kuvataan kohdeavaruuden valkoiseksi, ja muita värejä siirretään vastaavasti. Suuren osan alkuperäisistä väreistä säilyttäen toistoalan värit toistetaan täsmällisesti, ja toistoalueen ylittävät värit kiinnitetään lähimpään toistettavaan väriin. Tulostuskäytössä kokonaisuus voi olla hieman tumma. [12; 11, s. 10.]

Pääasiassa vedostuksessa käytettävä absoluuttinen kolorimetrinen näköistystapa eroaa suhteellisesta kolorimetrisestä näköistystavasta siten, että lähdeavaruuden valkoista ei kuvata kohdeavaruuden valkoiseksi [12].

## Device Link -profiili

ICC-profiili muuntaa aina värit lähdeavaruudesta kohdeavaruuteen profiilin yhdysavaruuden kautta, joka tavallisesti on CIELAB- tai CIEXYZ-väriavaruus. On olemassa kuitenkin Device Link -profiileja eli linkkiprofiileja, jotka ovat ICC-profiilin niin sanottuja lisäosia. Ne eivät käytä yhdysavaruutta, vaan muuntavat suoraan lähdeprofiilista kohdeprofiiliin. Device Link -profiilit toimivat painokoneen omassa RIP:ssä, ja siksi niihin ei tarvitse rakentaa uutta työnkulkua. Device Link -profiilit eivät kuitenkaan ole yhtä joustavia käytöltään kuin muut ICC-profiilit, sillä niitä voidaan käyttää vain, kun konvertoidaan kahden tietyn laitteen väriavaruuden välillä. Lisäksi voidaan käyttää vain sitä näköistystapaa, joka profiilia luotaessa on valittu.

Linkkiprofiileita käytetään useimmiten painoteollisuudessa, kun on tarpeen muuntaa CMYK-tiedosto sen alkuperäisestä kohdeväriavaruudesta toiseen CMYK-kohdeväriavaruuteen. Tapauksissa, joissa CMYK-tiedostoa konvertoidaan painamista varten CIE Lab -yhdysavaruuden avulla, lopputuloksena saattaa olla epätasaista väripintaa tai mustan osaväriin konvertoituminen nelivärimustaksi. Verrattuna perinteisiin profiileihin linkkiprofiililla on kolme suurta etua konvertoitaessa CMYK-väriavaruudesta toiseen:

- Se säilyttää 100 %:n mustan aina 100 %:n mustana.
- Se toistaa aina päävärit (C M Y K) ja sekundaarivärit (CM CY MY) puhtaina.
- Se optimoi musteen käyttöä painettaessa, mikä johtaa parempaan värivakauteen ja musteensäästöihin. [14, s. 150; 15.]

## 4.4 Kalibroiminen

Värinhallinnassa eräs tärkeä prosessi on laitteiston kalibroiminen, jolla pystytään pitämään profiilin kuvaamat ominaisuudet. Kalibroinnissa profiili luodaan tulostuslaitteen mittaustulosten avulla, jotka antavat kuvan laitteen mahdollisesta värintoistosta erilaisille materiaaleille. Jotta värintoisto olisi sävyjen kannalta vakioitua, tulisi painokone kalibroida päivittäin.

Yksi värinhallinnalle tärkeä kalibroinnin tavoite on linearisointi. Linearisoinnin avulla laite pyritään saamaan toimimaan optimaalisesti siten, että käytössä on mahdollisimman suuri osa sen dynaamisesta alueesta ja toistoalasta sävyvaihtelujen silti pysyessä pehmeinä ja ennustettavissa. [10, s. 121.]

Painotöiden käsittelyn ja vedosten tarkkailun tulisi tehdä vakioituissa olosuhteissa, sillä havaintoympäristö ja sen olosuhteet vaikuttavat värien havaitsemiseen. Ammattikäytössä on hyvä käyttää valaistustilana graafisen alan standardin mukaista D50-valoa, jonka värilämpötila on 5000 K. [11, s. 26.]

## 5 Värinhallintaohjelmiston testaus

### 5.1 Työnkulun luominen ja testaukset

Samaa tuotetta saatetaan painaa asiakkaille monella eri painokoneella, jos asiakkaan kampanja vaatii erilaisia mainostusmuotoja ja siksi myös erilaisia painomateriaaleja. Asiakas odottaa tasaista värilaatua painotekniikasta riippumatta. Tämä asettaa värinhallinnan korkealle painotuotannon laatuvaatimuksissa. Usein havaitaan kuitenkin ongelmia värien vastaavuuksissa, mikä johtuu siitä, että koneet ja niiden ohjelmistot käyttävät erilaisia väritiloja. Värinhallinnan avuksi on luotu värinhallintajärjestelmiä, joiden avulla väriä kyetään hallitsemaan läpi koko tuotannon.

DMP valitsi testialustakseen GMG:n tarjoaman Color Management -värinhallintaohjelmiston, jonka sisältämiä GMG ColorServer-, SmartProfiler- ja InkOptimizer-ohjelmia käytettiin insinööritöiden testauksissa. GMG SmartProfilerilla luodaan painokoneelle yksilöllinen profiili muun muassa linearisoinnin ja kalibroinnin avulla. Ohjelman luomat PDF-tiedostot ajetaan GMG ColorServerin läpi, joka muuttaa niiden väritiedot profiiliin määritysten mukaisesti ja laskee painokoneen optimiväriavaruuden. Ohjelma siis luo hotfolder-pohjaisia työnkulkuja, jotka muuttavat tiedoston kuvien väriarvoa tiedoston sisällä. Hotfolderia luotaessa valitaan haluttu kohdeprofiili ja säädetään tulostimen asetuksia. Testikuvia tulostettaessa tulee kaikki värinhallinta ottaa pois käytettävästä RIP-ohjelmasta, jotta ei tule kaksinkertaista värinhallintaa. Mikäli värinhallinta olisi päällä RIP:ssä, ohjelma supistaisi väriavaruutta, eikä tulos olisi haluttu. Yksittäisten profiilien luominen mahdollistaa hyvän värinhallinnan, ja GMG SmartProfilerin avul-



la voidaan luoda uusia hotfoldereita GMG ColorServerille tarpeen mukaan. GMG InkOptimizerilla lasketaan värinsäästöä.

Insinööri työ toteutettiin GMG Color Management -ohjelmiston testiversiolla, joka asennettiin palveluntarjoajan puolesta. Mittaukset tehtiin DMP:n Vallilan toimitiloissa henkilökunnan avustuksella. Testikenttien lukemiseen käytettiin yrityksen omia Barbieri LFP RT- ja i1Pro-mittalaitteita. Ohjelmalla luotiin kahta eri tulostustekniikkaa käyttävälle painokoneelle, Kodak Nexpress 2500 -digipainokoneelle ja Canon imagePROGRAF iPF9400S -suurkuvatulostimelle, omat profiilit, ja molemmista tulostettiin samat vertailtavat testiarkit. Testiarkkeina olivat harmaatasapainoarkki ja Altona-testiarkki. Profiilin luomisen jälkeen tulostettiin testiarkit painokoneen oman profiilin ja painokoneelle luodun GMG:n profiilin läpi. Näiden arkkien oli tarkoitus vastata toisiaan väriharmonialtaan, joten niitä arvioitiin visuaalisesti ja mittaamalla. Työn tarkoituksena oli siis ohjelmiston avulla pyrkiä luomaan kahden eri painokoneen väriavaruudet, ulostulokuvat, toisiaan vastaaviksi.

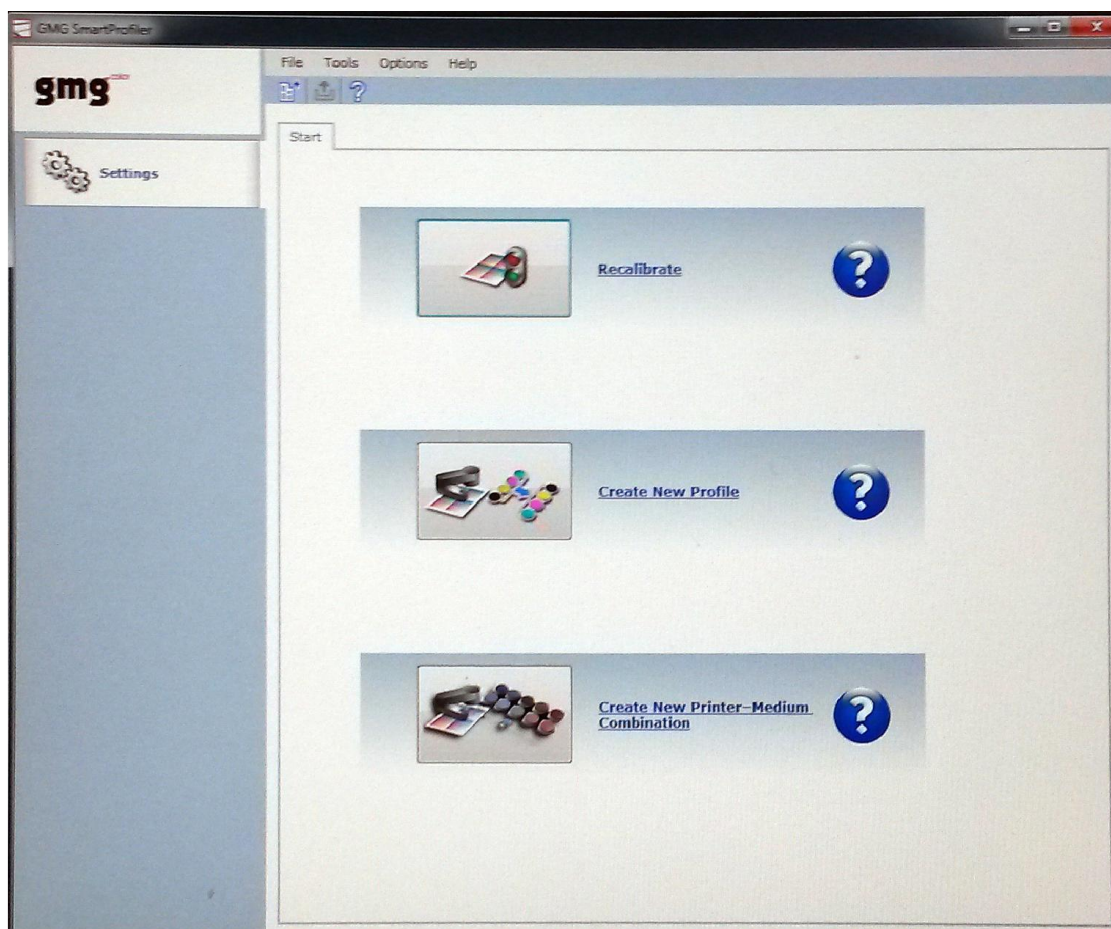
Insinööri työtä varten suoritettavat vaiheet testauksia tehtäessä olivat

1. GMG Color Management ohjelmiston asentaminen
2. painokoneen valinta, jolle luodaan uusi profiili GMG ColorServer -ohjelmistolla
3. profiilin luominen, sisältäen muun muassa koneen kalibroinnin, linearisoinnin ja väriavaruuden
4. syntyneiden PDF-kansioiden ajaminen GMG ColorServer -ohjelman läpi
5. testiarkkien painaminen ohjelmalla luodun profiilin läpi ja painokoneen oman profiilin läpi
6. tulosten vertailu visuaalisesti ja testiarkkien mittaaminen Heidelbergin Color Toolbox 12.0 -ohjelmalla sekä värinsäästön mittaaminen GMG InkOptimizer -ohjelmalla.

Ensimmäiseksi profiili luotiin Kodak Nexpress -digitaalipainokoneelle. Sen testiarkit painettiin Multi Ark Silk 170 g/m<sup>2</sup> -paperille. Toinen profiili luotiin suurkuvatuotannon

Canon iPF -suurkuvatulostimelle. Paperiksi testiarkeille valittiin mattapäälyllystetty Coala 140 g/m<sup>2</sup>. Molemmissa profiileissa mustan alkupisteeksi valittiin 15 % ja TAC:n 320 %.

Työn kulku aloitettiin luomalla valitulle painokoneelle profiili SmartProfiler-ohjelmalla (kuva 7). Uutta hotfolderia luotaessa painokoneelle määriteltiin perusparametreja, kuten sen käyttämä väriavaruus, käytettävä paperi ja muste sekä käytettävä tulostusmenetelmä (mustesuihku, suurkuva, digitaali) sekä käytettävä mittalaite. Mittalaitetta valittaessa pystyttiin vaikuttamaan tarkastelukulmaan, valoon ja mittaustyyppiin. Näitä tietoja käyttämällä ohjelma loi koneelle output- ja input-kansiot.



Kuva 7. GMG SmartProfilerin alkuvalikko, josta pääsee uudelleenkalibrointiin, tekemään uutta profiilia ja luomaan tulostimien värien yhteneväisyyttä.

Ohjelmalla tehtiin koneelle linearisointi tulostettujen testiarkkien avulla. Spektrofotometrillä mitattiin koneen tulostamien arkkien testikenttiä, ja uusia testiarkkeja tulostettiin ja mitattiin niin kauan, että halutut mittaustulokset olivat tavoitearvojen sisällä. Tulosten avulla ohjelma loi profiiliin koneen mahdollisesti saavutettavan väriavaruuden.

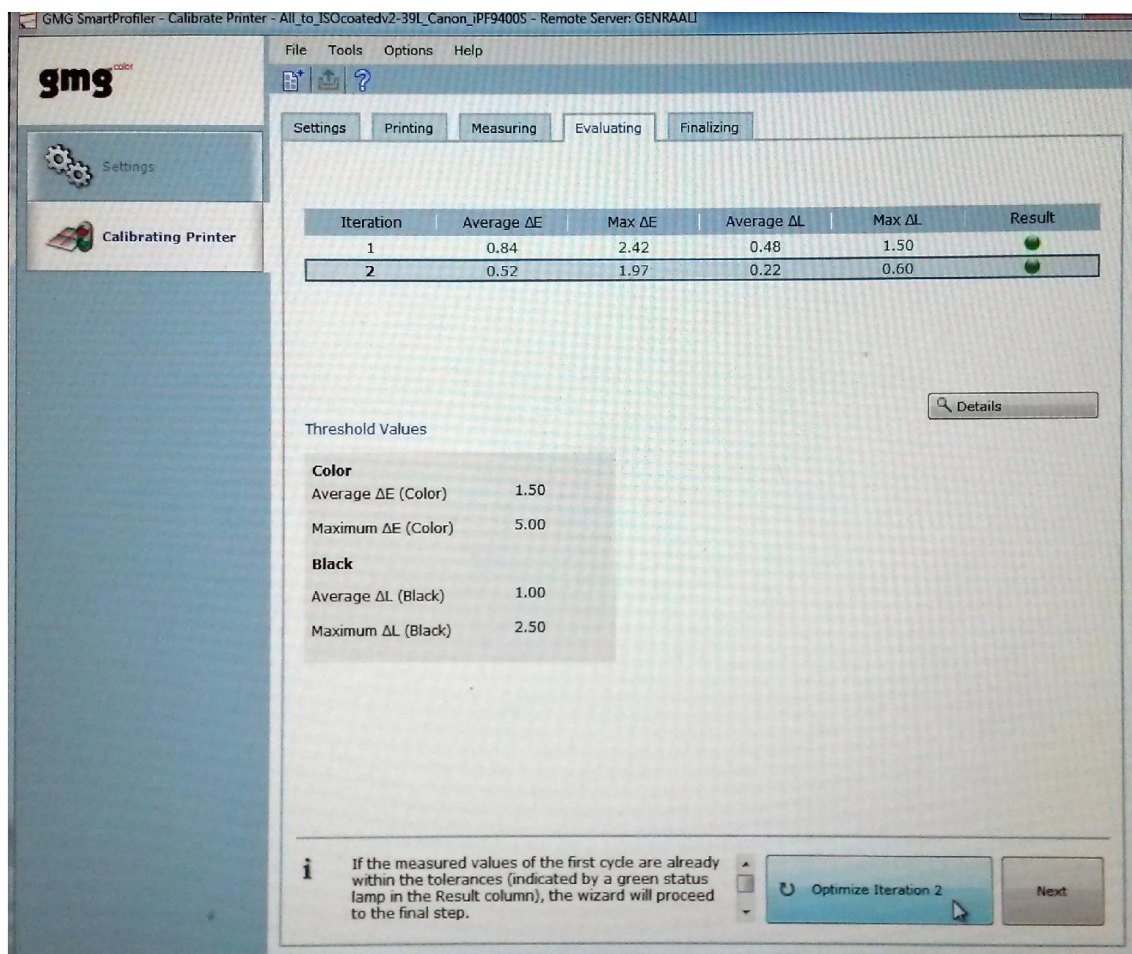
SmartProfiler-ohjelmalla tehtiin koneelle myös kalibrointi. Kalibrointi laski, kykeneekö kone toistamaan halutun kohdeavaruuden. Ohjelmalla voitiin myös vaikuttaa tiedoston kuvien erilaisiin toimintoihin, kuten kokonaisvärimäärään, mustan alkupisteeseen ja näköistystapaan. Profiloinnin jälkeen tehtiin iterointikierroksia (kuva 8), joissa mitattiin tulostettuja testiarkkeja. Niiden avulla päästiin vielä täsmällisempään värinmääritykseen.



Kuva 8. Painokoneen iterointikierrös: painaminen, mittaus ja arviointi.

Kalibroitaessa koneelle asetettiin tavoitteelliset kynnsarvot, jotta saavutettaisiin onnistunut kalibrointitulokset (kuva 9):

1. Delta E ( $\Delta E$ ) on kohdearvon ja tavoitearvon etäisyys. Mitä suurempi arvo Delta E:llä on, sitä suurempi on poikkeama kohdearvosta.
2. Delta L ( $\Delta L$ ) osoittaa mustan osaväriin (K) luminenssin. Mitä suurempi arvo on, sitä suurempi on poikkeama kohdearvosta.



Kuva 9. Painokoneen kalibrointi.

Kun työnkulku oli tehty, syötettiin ohjelmalla luodun profiilin input-kansioon haluttu PDF-tiedosto, joka käsittelyn jälkeen ilmestyi output-kansioon edelleen PDF-tiedostona. Tämä tiedosto siirrettiin painokoneelle tarkoitettuun oikeaan kansioon ja työ painettiin. Perusperiaatteena oli siis luoda PDF-pohjainen työnkulku, jonka lopputuloksena syntyi PDF-tiedosto. Välissä tehtiin paljon mittauksia ja säätöjä ja odotettiin tuloksia.

## 5.2 Tulokset

Painolaatua arvioitiin kahdella eri tavalla: subjektiivisesti ja objektiivisesti. Subjektiivinen laatu tarkoittaa painojäljen arviointia visuaalisesti. Laadun arviointiin vaikuttavat havaitsija, tarkasteluolosuhteet ja kuvan tekninen laatu. Subjektiivisen laadun tulisi täyttää käyttäjän siihen kohdistamat odotukset, jotka ovat kaikilla käyttäjillä erilaiset. Objektiivinen laatu mitataan aina painotuotteesta tai mitta-arkilta mittalaitetta käyttäen. Pai-

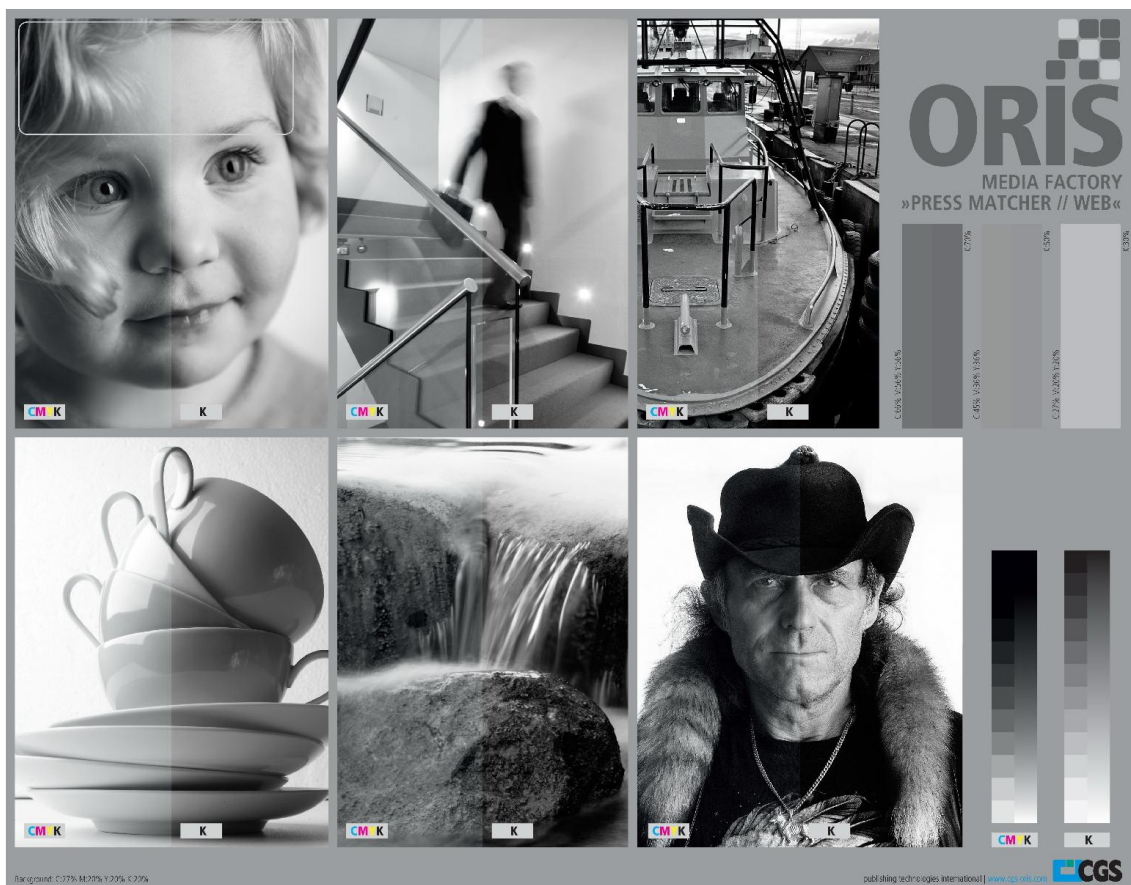


nokoneilla tulostettuja hotfolderin läpi menneitä ECI-testiarkkeja mitattiin i1 PRO -mittalaitteella.

Kodak Nexpressillä ja Canon-suurkuvatulostimella painettiin GMG ColorServerillä luotujen profiilien läpikäyneitä testiarkkeja, ja niitä verrattiin painokoneilla painettuihin originaaleihin testiarkkeihin. Testiarkkeiksi valittiin Altonan visuaalinen testiarkki (kuva 10) ja CGS-harmaatasapainovertailuarkki (kuva 11). Altona-testiarkki on yksi tärkeimmistä työkaluista painoprosessin optimoinnissa, sillä se perustuu ISO-standardiin. Sen on kehittänyt European Color Initiative (ECI). CGS-harmaa-arkissa toinen puoli kuvista on painettu mustalla ja toinen CMYK:llä. Mikäli harmaatasapaino ja värit on säädetty hyvin kohdalleen ja alivärimoisto on tehty hyvin, tulisi nelivärimustan eron pelkkään mustaan pienentyä.



Kuva 10. Altona-testiarkki 1.2a.



Kuva 11. CGS-harmaatasapainoarkki.

Harmaatasapainolla on värinhallinnan kannalta suuri merkitys. Sillä tarkoitetaan värillisten painovärien, eli magentan, keltaisen ja syaanin (CMY-värit), avulla painettua neutraalin harmaata yhdistelmää. Neliväriharmaa on väreiltään täyteläisempi kuin yksiväriharmaa, sillä se painetaan käyttäen kaikkia neljää osaväriä. Harmaa voidaan painaa myös pelkkää mustaa osaväriä käyttäen. Tässä tapauksessa tulos on yleensä sävyltään epätasainen ja vailla syvyyttä.

Harmaatasapainoa tarkkaillaan usein painamalla kolmiväriharmaan viereen yksiväriharmaan testikiila. Näiden sävypintojen tulisi vastata toisiaan. Neutraalin harmaan tasapainon luomiseen kannattaa käyttää CMY-värejä ja hieman mustaa väriä. Mustan värin määrällä voidaan tuotannossa kontrolloida harmaan sävyä, ja se auttaa pitämään sävypinnan hyvin neutraalina koko painatuksen ajan. [16.]

## **Visuaalinen tarkastelu**

Painettuja testikuvia arvioitiin visuaalisesti DMP:n omissa tiloissa tuotannon puolella, tavanomaisissa valaistusolosuhteissa. Arviointiin osallistui myös kaksi digipainajaa ja työntekijä esituotannon puolelta.

Kodak-digipainokoneella tulostetuissa testiarkkeissa havaittiin seuraavaa: Altona-testiarkissa oli luonnollisemmat värit GMG-profiilin läpi käyneenä. Originaali Altona-arkki oli keltaisempi ja tummempi kauttaaltaan kuin GMG-profiilin arkki. Harmaasävy-testiarkkia tarkasteltaessa havaittiin, että originaalin arkin sävyt olivat kauttaaltaan lämpimiä ja tummia, kun taas GMG-profiilin läpi käyneet sävyt olivat kokonaan kylmiä ja kirkkaita.

Canon-suurkuvatulostimella tulostettujen testiarkkien visuaalisessa tarkastelussa havaittiin ongelmia punaisuuden kanssa. GMG-profiilin harmaasävytestiarkki oli kauttaaltaan punaisempi kuin Canonin originaali testiarkki. Originaalissa testiarkissa oli myös enemmän kontrastia. Myös Altona-testiarkissa GMG-profiilin tummat ja punaiset värit olivat tukkoisia ja arkin harmaasävykuvassa oli heikosti kontrastia. Canonin omalla profiililla tulostetut testiarkit olivat kokonaan luonnollisemman värisiä.

Lopputulos oli siis se, että GMG-työnkulun läpi painetut testiarkit eivät visuaalisesti vastanneet toisiaan. Siihen, että painojäljet eivät vastanneet toisiaan, voi vaikuttaa muun muassa painokoneiden senhetkinen tila, välissä painetut työt, painokoneen kalibroiminen tai profiilin luonnissa tapahtuneet virheet.

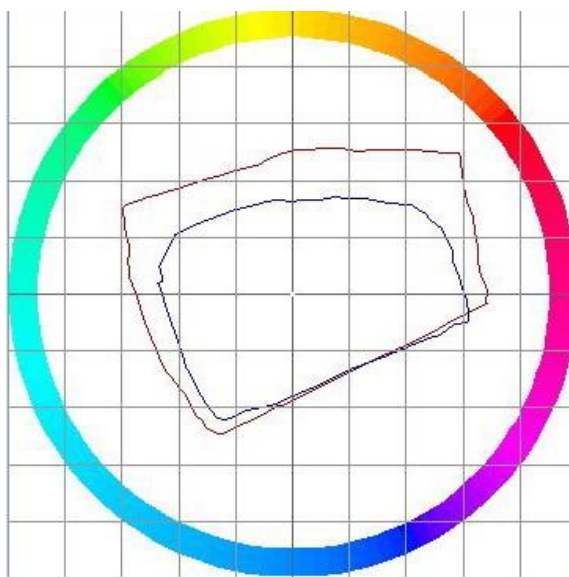
Testauksen aikana molemmilla painokoneilla painettiin töitä profiilin luomisen välillä, ja digipainokonetta kalibroitiin ja linearisoitiin testauksen aikana. Siksi mittaustulokset ovat suuntaa antavia ja niihin tulee suhtautua kriittisesti. Täytyy myös ottaa huomioon, että testaukset tehtiin yrityksen omissa tiloissa GMG Color Management -ohjelman testiversiolla.

## **Mittaustulokset**

Color Toolbox 12.0 -ohjelmalla mitattiin originaaleja ja profiilin läpi menneitä ECI-testiarkkeja, joista saatiin havainnollistavaa vertailudataa painokoneiden väriavaruudesta ja niiden tavoitteista kohdeväriavaruuteen. Kuvista voitiin päätellä, että Kodakin

testauksen tulokset olivat tavoitteita vastaavia, kun taas Canonin kohdalla tavoitteet eivät täyttyneet. Väriavaruudet eivät ole samansuuruisia millään vertailulla, vaan Canonin väriavaruus jäi jatkuvasti pienemmäksi.

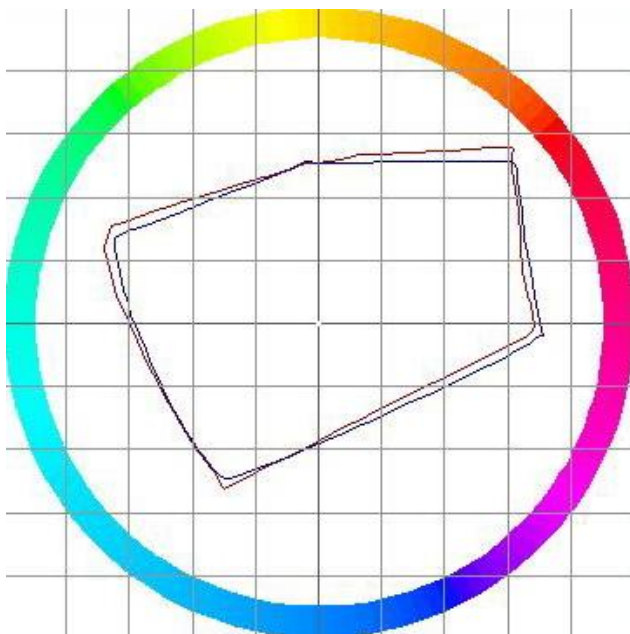
Kuvassa 12 on molempien painokoneiden profiilien väriavaruus mitattuna GMG-profiilin läpi käyneenä. Näiden vertailudatojen tulisi vastata toisiaan, jotta voitaisiin todeta väriharmonioiden vastaavan toisiaan. Näin ei kuitenkaan käynyt, vaan Canonin väriavaruus jäi huomattavasti pienemmäksi kuin Kodakin.



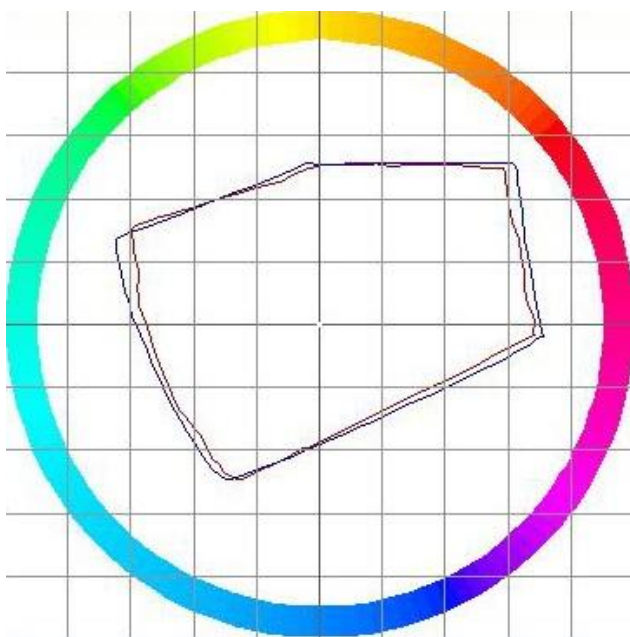
Kuva 12. Vertailudataa painokoneiden väriavaruudesta. Sininen on Canonin väriavaruus GMG-profiilin läpi menneenä ja punainen Kodakin väriavaruus GMG-profiilin läpi menneenä.

Kodak meni paikoin omalla täydellä värintoistoprofiilillaan hieman Fogra39-kohdeavaruuden ulkopuolelle (kuva 13), mutta ajettuna GMG-profiilin läpi sen väriavaruus saatiin vastaamaan lähes kokonaan kohdeavaruutta (kuva 14).



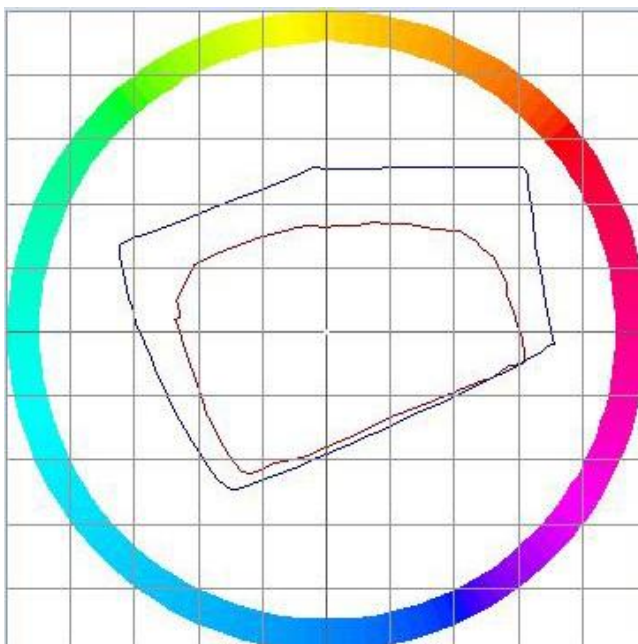


Kuva 13. Kodakin oman profiilin täysi värintoistoavaruus punaisella ja kohdeavaruus Fogra39 sinisellä.

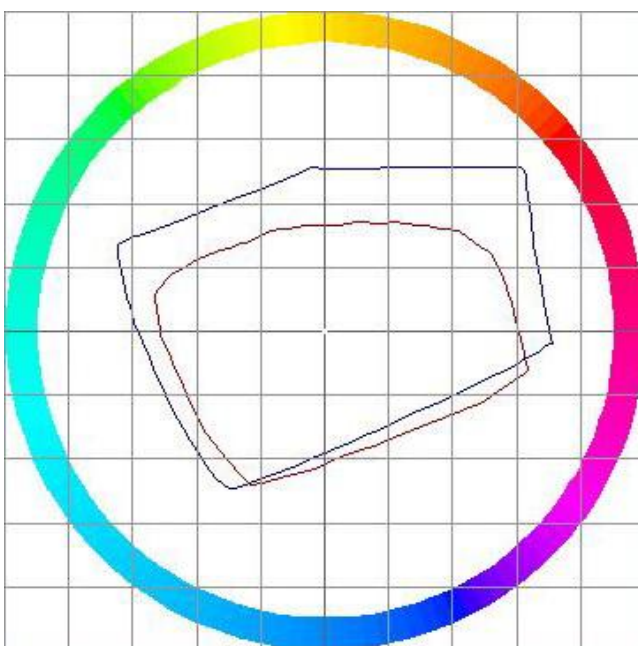


Kuva 14. Kodak GMG -profiilin läpi menneenä punaisella ja Fogra39-väriavaruus sinisellä.

Canonin väriavaruus jäi huomattavasti Fogra39-kohdeväriavaruudesta GMG-profiilin läpi menneenä (kuva 15). Canonin oman profiilin täysi värintoistoavaruuskaan ei päässyt lähelle kohdeväriavaruutta, vaan meni jopa paikoin sen yli (kuva 16).



Kuva 15. Canon GMG -profiilin läpi menneenä punaisella ja kohdeavaruus Fogra39 sinisellä.



Kuva 16. Canonin oman profiilin täysi värintoistoavaruus punaisella ja Fogra39-kohdeavaruus sinisellä.

### Värinsäästö

Insinööriyön yhtenä tarkoituksena oli mitata, tuottaako värinhallintaohjelmisto huomattavaa värinsäästöä. Tähän käytettiin apuna GMG InkOptimizer-mittaohjelmaa. Ohjelma

perustuu Device Link -profiliin, joka käsittelee PDF-tiedoston niin, että käytettävien CMY-musteiden määrä vähenee ja mustan musteen osuus kasvaa. Ohjelma säilyttää muuntaessaan saman värivaikutelman. Ohjelmalla vertailtiin, minkä verran syntyy värinsäästöä prosentuaalisesti verrattuna arkkiin, jota ei ole ajettu värinpeittolaskurin läpi. Testitiedostoina käytettiin samoja Altona- ja CGS-harmaatestiarkkeja, joilla muutkin mittaukset toteutettiin. GMG InkOptimizerilla tehdyt mittaukset osoittivat (taulukko 1), että ohjelman läpikäyneet mitta-arkit tuottivat prosentuaalista värinsäästöä TAC:n eli kokonaisvärimäärän kodalla.

Taulukko 1. GMG Ink Optimizerin mittaustulokset värinsäästössä.

Canon					
	C%	M%	Y%	K%	TAC%
Originaali CGS harmaa	35	28	27	25	115
InkOpt CGS harmaa	24	23	18	25	90
Originaali Altona	26	30	32	22	110
InkOpt Altona	21	31	30	21	103
Kodak					
	C%	M%	Y%	K%	TAC%
Originaali CGS harmaa	35	28	27	25	115
InkOpt CGS harmaa	24	19	15	31	89
Originaali Altona	26	30	32	22	110
InkOpt Altona	22	26	24	25	97

GMG InkOptimizer -laskennan jälkeen voitiin havaita, kuinka Kodakin molemmissa testiarkkeissa CMY-arvot pienenevät, mutta mustan osaväriin arvo kasvoi. Canonin CGS-arkissa muut arvot pienenevät, mutta mustan osuus pysyi samana. Altona-arkin mustan osaväriin arvo pienentyi yhden yksikön, samoin kuin C- ja Y-osavärien osuudet, mutta magentan määrä lisääntyi. Harmaatasapainoarkissa myös magentan osaväriin prosentuaalinen lasku on suhteessa pienempi kuin muiden osavärien. Laskuri kuitenkin osoitti, että prosentuaalista värinsäästöä saavutettiin kaikilla testitarkkeilla.

Värierottelulla lasketaan, kuinka paljon ja mitä värejä kuvassa käytetään ja sen avulla päästään mahdollisiin värinsäästöihin. Musta väri voidaan tuottaa kuvalle eri tavoin, ja sille voidaan asettaa alkamispiste. Molemmissa testiarkeissa profiilin luonnin yhteydessä mustan alkamispisteeksi annettiin 15 %, eli mustaa osaväriä aletaan painaa vasta kun CMY-värien arvo ylittää tämän raja-arvon.

Mustan osavärin värinsäästöön on myös kaksi erilaista menetelmää värierottelussa. GCR eli akromaattinen värierottelu on värinerottelutekniikka, jossa harmaa korvataan osin tai kokonaan mustalla osavärillä CMY-alueilta. Tekniikalla saavutetaan suurta värinsäästöä. UCR eli alivärinpoisto on tekniikka, jossa mustaa väriä käytetään vain kuvan kaikkein tummimmissa tai neutraaleissa osissa. Tällä korvataan kolmen päävärin tuottamaa harmaata. Korvaus tapahtuu kuvan neutraaleilla värisävyalueilla, jolloin tummat värit pysyvät kylläisinä. Menetelmällä ei kuitenkaan päästä suuriin värinsäästöihin.

### 5.3 Lopullinen arviointi

Tehtyjen testien perusteella havaittiin ongelmia inkjet-puolella, niin mittauksissa kuin visuaalisessa lopputuloksessa. Canonin tuottamat ongelmat voivat johtua esimerkiksi painokoneen sen hetken tilasta, jolloin mittaukset on tehty. Esimerkiksi välissä ajatut työt voivat vaikuttaa profiilin laskemiin mittauseroihin, jolloin jo profiilin luomisvaiheessa on syntynyt virheitä. Profiilia luotaessa on myös saattanut tapahtua käyttäjän inhimillisiä virheitä. Jotta tähän syyhyn olisi saatu varmuus, olisi Canonilla pitänyt jatkaa profiilin muokkausta ja testipainatuksia. Canonin ongelmaan yritettiin löytää ratkaisua GMG:n asiantuntijan puoleen kääntymällä, mutta vastausta ei saatu insinööriyön aikataulun puitteissa. Kodak Nexpressin tulokset olivat hyviä ja vastasivat insinööriyön tavoitteita sekä yrityksen edellisen testauksen tuloksia.

Jotta tuloksista olisi yleensäkin saatu enemmän tavoitteita vastaavia, olisi profiileille pitänyt tehdä enemmän muutoksia ja testipainatuksia jatkaa. Työputkeen tehtävät muutokset ovat aikaa vieviä, eivätkä ne onnistuneet enää tämän insinööriyön puitteissa aikataulusyistä. Jokaisen muutoksen jälkeen tehtävät uudet testipainatukset vievät nopeasti muutaman tunnin, ja yhden uuden työputken luomiseen menee kokemattomalta käyttäjältä helposti yli puoli päivää. Tuotannon ollessa käynnissä ei ole juuri mahdollista vapauttaa mitään konetta pelkästään testauskäyttöön niin pitkäksi aikaa. Haasteel-

lisinta insinööriyössä olikin aikatauluttaminen tuotannon kanssa, sillä esimerkiksi tulevien töiden määrää ja sitä, onko painokone käytettävissä testauksia varten, oli vaikea ennustaa.

Haastetta asettivat myös yrityksen muutokset tuotannossa: niiden aikana muun muassa painokoneet ja tietokone, johon värihallintaohjelma oli asennettu, vaihtoivat paikkaa. Samalla Barbieri-mittalaite siirtyi toiselle puolelle tuotannon tilaa, ja sen vapautuminen tuotannon puolesta asetti taas omat aikataululliset haasteensa. Siksi toisen painokoneen profiilin mittaukset luotiin vapaana olevalla Pro 1 -mittalaitteella. Jotta profiilin luomisesta olisi saanut kaiken hyödyn, olisi ollut tärkeää saada koulutusta ohjelmankäyttäjän ammattilaiselta. Hän olisi kyennyt neuvomaan sekä profiilin luomisessa että painokoneen omissa RIP:n asetuksissa, jotta optimaalinen lopputulos olisi saavutettu.

Insinööriyötä aloitettaessa tekijällä oli vain vähäistä kokemusta värihallinnasta opintojen kautta, joten työn tekeminen ja sen eteneminen vaativat jatkuvaa kokeilua ja opiskelua aiheesta aina teoriasta ohjelmien käyttöön. Mittausten läpivieminen vaati monta päivää, sillä osa ajasta meni tuotannon haasteiden kanssa kamppailemista, jolloin työ ei päässyt etenemään. Käyttäjä sai kuitenkin työtä tehdessä paljon kokemusta värihallintajärjestelmästä, digitaalipainamisesta ja digitaalipainon eri prosesseista ja niiden hallinnasta. Vaikka kaikkia työn tavoitteita ei täysin saavutettu, sai yritys tärkeää tietoa painokoneidensa tuottamasta painojäljestä.

Mikäli yritys päättäisi ottaa värihallintaohjelmiston käyttöön, tulisi ottaa huomioon aika, joka työntekijöillä menee ensin ohjelman opettelemisessa, sen jälkeen työputkien luomisessa jokaiselle painokoneelle ja lopuksi niiden käyttämisessä sujuvasti tuotannossa. Siksi myös henkilökunnan on tärkeää saada kunnollinen koulutus ohjelmiston käyttämiseen. Ohjelmiston käyttämisen ei myöskään tulisi hidastaa tuotantoa tai häiritä muita työnkulkuja. Värihallinta ja värihallintaohjelmiston käyttäminen vaativat käyttäjiltä osaamista, ja jotta optimaalinen lopputulos saavutetaan, on koko ketjun pysyttävä hallinnassa.

Värihallintaohjelmiston käyttöönottoa harkittaessa tulisi ottaa huomioon myös se, että painossa on eri-ikäisiä ja eri painotekniikkaa käyttäviä koneita ja laaja valikoima erilaisia materiaaleja, joilla on erilaisia pintaominaisuuksia. Samoin materiaalien määrä on

suuri. Nämä seikat vaikuttavat profiilien luomiseen, niiden ylläpitoon ja hallintaan aina prepressistä lähtien.

Loppujen lopuksi visuaalinen tarkastelu on väriharmoniaa arvioitaessa tärkein asia, sillä asiakas kiinnittää huomiota tilaamassaan työssä sen lopulliseen ulkonäköön. Mittaustulokset auttavat vain asiantuntijaa arvioimaan lopullista painolaatua. Visuaalinen arviointi on nopeaa ja helppoa, mutta lopputulos riippuu pitkälti tarkasteluolosuhteista, arvioijasta ja muun muassa hänen mieltymyksistään, kokemuksistaan ja koulutuksestaan. Värinhallintaohjelmiston avulla voidaan saavuttaa parempaa painolaatua ja näin vähentää asiakasreklamaatioita.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoitus oli saada kahden eri painotekniikkaa käyttävän painokoneen väriharmonia kohdalleen graafisen alan yrityksessä värinhallintaohjelmiston avulla. Yhtenä tarkoituksena oli myös mitata, voidaanko ohjelman avulla saavuttaa värinsäätöä. Insinööriyön testien oli tarkoitus jatkaa vuonna 2012 yrityksen itse tekemiä mittauksia, joilla ei silloin päästy haluttuun lopputulokseen. Yrityksen on kuitenkin tarkoitus ottaa käyttöön jokin värinhallintaohjelmisto, koska omaan sisäiseen työnkulkuun ei voida enää vaikuttaa, jotta painojälkeä saataisiin yhtenäisemmäksi.

Värinhallinta on prosessi, jossa monia muuttujia tulee hallita alusta loppuun saakka, jotta väri säilyy samanlaisena kaikissa vaiheissa. Värinhallinnan tueksi on kehitetty värinhallintaohjelmistoja, joilla pystytään standardisoimaan tätä järjestelmää. Tärkeitä vaiheita värinhallinnassa ovat muun muassa kalibrointi, linearisointi ja profiilin luominen. Monien muuttujien vuoksi värinhallinta on haasteellista ja se saattaa myös epäonnistua.

Työn toteuttaminen vaati runsaasti järjestelyjä tuotannon kanssa, ja tuotannon jatkuva käynnissä oleminen asetti omat haasteensa myös mittausten aikatauluttamiseen. Insinööriyön ajan puitteissa päästiin kuitenkin osittain haluttuun lopputulokseen. Painotöiden väriharmoniaa arvioitiin niin visuaalisesti kuin kolorimetrisillä mittauksilla.

Täydellistä väriharmoniaa testauksien jälkeen ei referenssiarkkien välillä saavutettu. Ongelmina olivat Canon-suurkuvatulostimen tulokset, jotka poikkesivat huomattavasti

digipainokone Kodakin tuloksista, jotka taas olivat lähempänä haluttua lopputulosta. Canonin väriharmonian ongelmaksi muodostuivat punaisuus ja kohdeväriavaruuden saavuttaminen. Molempien painokoneiden testiarkkien värinsäästömittauksissa havaittiin prosentuaalista värinsäästöä.

Insinööritö antoi yritykselle samansuuntaisia tuloksia, joihin se oli jo aiemmalla testauksella päässyt. Mikäli yritys päättää ottaa käyttöönsä värinhallintaohjelmiston, tulisi sen ottaa huomioon tuotannon sujuvuus läpi työnhallinnan. Värinhallintaohjelmisto on kuitenkin hyvä ratkaisu standardisoimaan yrityksen omaa painoprosessia ja samalla vähentämään mahdollisia asiakasreklamaatioita.

## Lähteet

1. Yritys. 2013. Verkkodokumentti. Digital Media Partners. < <http://www.dmp.fi/yritys/>>. Luettu 23.1.2014.
2. Great Place to Work Culture Audit. 2013. Digital Media Partners.
3. Taussi, Jere. 2013. DMP: Yli 1 000 000 kiloa painettavaa materiaalia vuodessa. Maade in DMP, DMP Tabloid 2013.
4. Viluksela, Pentti; Ristimäki, Seija & Spännäri, Toni. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
5. Malmstedt, Janne. 2013, Digitaalinen painaja, Digital Media Partners Oy, Helsinki. Keskustelu 18.11.2013.
6. Lehtonen, Eero; Mattila, Pentti; Veilo, Petri & Raninen, Tarja. 2003. Digitaalinen painoviestintä. Helsinki: WSOY.
7. Arnkil, Harald. 2007. Värit havaintojen maailmassa. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.
8. Kodak Nexpress Datasheet. 2013. Eastman Kodak Company.
9. Canon imagePROGRAF iPF9400S. 2014. Verkkodokumentti. Canon Oy. <[http://www.canon.fi/For\\_Work/Products/Professional\\_Print/Large\\_Format/iPF9400S/](http://www.canon.fi/For_Work/Products/Professional_Print/Large_Format/iPF9400S/)>. Luettu 4.3.2014.
10. Fraser, Bruce; Murphy, Chris & Bunting Fred. 2004. Värinhallinta. Helsinki: Edita Prima.
11. Lammela, Miika. 2011. Värit kohdalleen – valokuvan värinhallinnan perusopas. Helsinki: WSOY.
12. Halonen, Raisa. 2010. Värinhallinta. Luento. Aalto-yliopisto 6.5.2010.
13. Peltonen, Sirja. 2007. Väriopas. Malmö: Arena.
14. Homann, Jan-Peter. 2010. Digital Color Management. Berlin: Springer-Verlag.



15. The Power of Device Link Profiles Recourses. 2013. Verkkodokumentti. Printing Industries of America. < <http://www.printing.org/page/9736>>. Luettu 19.3.2014.
16. Haipus, Heidi. 2006. Tie neutraaliin harmaatasapainoon. AGI 1/2006, s. 24–28.
17. Digitaalinen painaminen. 2013. Verkkodokumentti. Unigrafia. <[http://www.unigrafia.fi/fi/aineisto-ohjeet/painotekniikan\\_perusteita/digitaalinen\\_painaminen](http://www.unigrafia.fi/fi/aineisto-ohjeet/painotekniikan_perusteita/digitaalinen_painaminen)>. Luettu 4.4.2014.
18. Kodak Nexpress. 2007. Verkkodokumentti. Printdirectory.org. <<http://www.printdirectory.org/detail/link-638.html>>. Luettu 4.4.2014.

